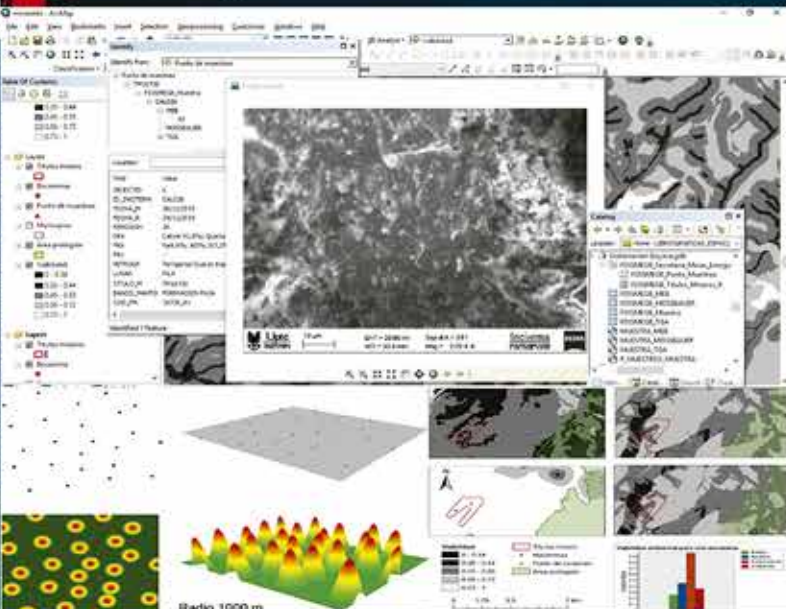


# Análisis espacial y modelos cartográficos: metodología implementada en ArcGIS para la planificación minera



Omar Javier Daza-Leguizamón • Gladys Alcira Riaño-Cano  
Enrique Vera-López • Yaneth Pineda-Triana  
Alfonso López-Díaz

# Análisis espacial y modelos cartográficos: metodología implementada en ArcGIS para la planificación minera

Ómar Javier Daza-Leguizamón  
Gladys Alcira Riaño-Cano  
Enrique Vera-López  
Yaneth Pineda-Triana  
Alfonso López-Díaz



**Uptc**  
Universidad Pedagógica y  
Tecnológica de Colombia  
VIGILADA MINEDUCACIÓN



**Incitema**  
Instituto para la Investigación e Innovación  
en Cartografía y Tecnología de Mapas



Análisis espacial y modelos cartográficos: metodología implementada en ArcGIS para la planificación minera/Daza-Leguizamón, Ómar Javier; Riaño-Cano, Gladys Alcira; Vera-López, Enrique; Pineda-Triana, Yaneth y López-Díaz, Alfonso. Tunja: Editorial UPTC, 2018. 104 p.

ISBN 978-958-660-279-2

1. Sistemas de información geográfica (GIS). 2. Planeación minera. 3. Modelos para planear minería minera. 4. ArcGIS . 5. Minerales estratégicos.

(Dewey 622/21).



#### **Primera Edición, 2018**

300 ejemplares (impresos)

Análisis espacial y modelos cartográficos: metodología implementada en ArcGIS para la planificación minera.

ISBN 978-958-660-279-2

Colección Libros de Investigación N.º 78

© Omar Javier Daza-Leguizamón, 2018

© Gladys Alcira Riaño-Cano, 2018

© Enrique Vera-López, 2018

© Yaneth Pineda-Triana, 2018

© Alfonso López-Díaz, 2018

© Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2018

#### **Rector UPTC**

Alfonso López Díaz

#### **Comité Editorial**

Hugo Alfonso Rojas Sarmiento, Ph. D.

Enrique Vera López, Ph. D.

Yolima Bolívar Suárez, Mg.

Sandra Gabriela Numpaque Piracoca, Mg.

Olga Yaneth Acuña Rodríguez, Ph. D.

María Eugenia Morales Puentes, Ph. D.

Rafael Enrique Buitrago Bonilla, Ph. D.

Nubia Yaneth Gómez Velasco, Ph. D.

Carlos Mauricio Moreno Téllez, Ph. D.

#### **Editora en Jefe:**

Ruth Nayibe Cárdenas Soler, Ph. D.

#### **Coordinadora Editorial:**

Andrea María Numpaque Acosta, Mg.

#### **Corrección de Estilo**

Claudia Elena Amarillo

#### **Diseño y diagramación**

Baudilio Galindo Ávila

#### **Editorial UPTC**

Edificio Administrativo – Piso 4

Avenida Central del Norte 39-115, Tunja, Boyacá

comite.editorial@uptc.edu.co

www.uptc.edu.co

#### **Impresión**

SB Digital - Publicidad

Calle 17 N.º 13-52 Tunja.

Tel. 7449246

Libro financiado por el Proyecto de Investigación, Aprovechamiento de Recursos Minero - Energéticos y generación de un modelo de planeación para la prospección y explotación de minerales del Departamento de Boyacá (SGR013000100206). Se permite la reproducción parcial o total, con la autorización expresa de los titulares del derecho de autor. Este libro es registrado en Depósito Legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 de 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000.

Libro resultado de investigación con código SGI 1430

Citación: Daza-Leguizamón, O., Riaño-Cano, G., Vera-López, E., Pineda-Triana, Y. & López-Díaz, A. (2018). *Análisis espacial y modelos cartográficos: metodología implementada en ArcGIS para la planificación minera*. Tunja: Editorial UPTC.

# Contenido

<b>1.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>9</b>
1.1	Aspectos conceptuales preliminares .....	11
1.1.1	Sistemas de información geográfica .....	12
1.1.2	Sistemas de apoyo a la toma de decisiones .....	14
1.1.3	Sistemas de apoyo a la -toma de decisiones espaciales .....	14
1.2	Propuesta para la planificación de la minería.....	15
<b>2.</b>	<b>Problemática ambiental de la minería en Boyacá.....</b>	<b>17</b>
2.1	Planteamiento y definición del problema .....	18
2.2	Proceso de análisis jerárquico para evaluar la viabilidad de la actividad minera .....	20
<b>3.</b>	<b>Captura, preparación y almacenamiento de datos .....</b>	<b>25</b>
3.1	Adquisición de datos espaciales.....	25
3.1.1	División político-administrativa .....	26
3.1.2	Cartografía base .....	27
3.1.3	Resguardos indígenas .....	29
3.1.4	Información ambiental .....	31
3.1.5	Información no disponible en línea .....	33
3.2	Preparación de datos espaciales .....	35
3.2.1	Representación espacial de datos a partir de coordenadas.....	35
3.2.2	Proyección y transformación de coordenadas .....	36
3.2.3	Extracción de datos para la zona de estudio .....	38
3.2.4	Edición de tablas de atributos .....	40
3.3	Estructuración de la geodatabase .....	41
<b>4.</b>	<b>Modelos cartográficos .....</b>	<b>45</b>
4.1	Herramientas de análisis .....	46
4.1.1	Cálculo de atributos.....	46
4.1.2	Puntos aleatorios.....	46

4.1.3	Cálculo de la distancia euclidiana .....	47
4.1.4	Transformación de formato vector a ráster .....	47
4.1.5	Sobreposición de datos ráster – álgebra de mapas .....	48
4.1.6	Densidad Kernel .....	49
4.1.7	Relación espacial de atributos.....	49
4.2	Modelo cartográfico para el cálculo de la viabilidad ambiental .....	50
4.3	Modelo cartográfico para el componente abiótico .....	51
4.3.1	Recurso hídrico superficial.....	51
4.3.2	Potencial hídrico y capacidad agrológica .....	53
4.3.3	Amenazas naturales .....	54
4.4	Modelo cartográfico para el componente sociocultural.....	54
4.4.1	Sistemas de provisión de servicios públicos .....	54
4.4.2	Población.....	54
4.4.3	Áreas de importancia cultural o arqueológica .....	56
4.4.4	Carreteras.....	56
4.4.5	Equipamientos públicos.....	58
4.5	Modelo cartográfico para el componente biótico .....	58
<b>5.</b>	<b>Implementación de los modelos cartográficos.....</b>	<b>61</b>
5.1	Herramientas de análisis espacial en ArcGIS .....	62
5.1.1	Cálculo de atributos, expresión condicional .....	62
5.1.2	Transformación de polígono a ráster.....	63
5.1.3	Distancia euclidiana .....	64
5.1.4	Álgebra de mapas .....	64
5.1.5	Cálculo de atributos, expresión aritmética.....	65
5.1.6	Puntos aleatorios.....	67
5.1.7	Relación espacial entre tablas de atributos.....	68
5.1.8	Densidad Kernel .....	69
5.2	Script para el componente abiótico .....	69
5.2.1	Asignación de viabilidad y transformación vector a ráster .....	70
5.2.2	Procesamiento de capas asociadas con el recurso hídrico superficial.....	71
5.2.3	Procesamiento capas asociadas con las amenazas naturales. ....	73
5.2.4	Procesamiento capas asociadas con el potencial hídrico superficial y la capacidad agrológica. ....	74
5.2.5	Cálculo de la viabilidad para el componente abiótico .....	75
5.3	Script para el componente sociocultural .....	75
5.3.1	Función para la normalización de densidades y distancias. ....	75
5.3.2	Función para el cálculo de distancias o densidades. ....	77
5.3.3	Función para el análisis de múltiples capas. ....	78
5.3.4	Procesamiento de las capas para población.....	79

5.3.5	Procesamiento de las capas para provisión de servicios públicos y áreas de interés arqueológico y cultural.....	81
5.3.6	Cálculo de densidades y normalización de las capas de carreteras y de equipamientos públicos.....	82
5.3.7	Cálculo de la viabilidad para el componente sociocultural.....	82
5.4	Script para el componente biótico .....	83
5.5	Script para la sumatoria ponderada de los componentes abiótico, biótico y sociocultural.....	84
5.6	Procedimiento general para incluir un script en un Toolbox de ArcGIS Desktop. ....	86
<b>6.</b>	<b>Resultados de la implementación .....</b>	<b>91</b>
6.1	Viabilidad ambiental para la minería en Boyacá .....	93
6.2	Integración con datos técnicos y normativos.....	96
6.2.1	Caracterización de minerales y sus usos potenciales .....	96
6.2.2	Consideraciones técnicas y normativas en el análisis de resultados.....	99
	<b>Referencias.....</b>	<b>101</b>